Der Einfluss der Gasmaskenatmung auf den Kreislauf des Menschen

---

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doctor medicinae
der Universität Bern

vorgelegt von

Hans Hofer
von Arni/Bern

Bern — Buchdruckerei Dr. Gustav Grunau — 1941

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Auf Antrag des Hrn. Prof. Dr. A. Schüpbach von der medizinischen Fakultät zum Druck als Dissertation genehmigt.

Bern, den 10. Juli 1940.

Der Dekan:

Prof. J. Klaesi.

Cardiologia

Internat. Archiv für Kreislaufforschung | Internat. Archives of Cardiology | Archives internat. du coeur et des vaisseaux | Archivio internazionale di Cardiologia

Editores: **BRUNO KISCH**-New York - **W. LÖFFLER**-Zürich

Basel (Schweiz) S. KARGER New York

Separatum Vol. IV, Fasc. 6 (1940) Printed in Switzerland

(Aus der medizinischen Abteilung des Tiefenauspitals der Stadt Bern [Chefarzt: Privatdozent Dr. W. Hadorn].)

Der Einfluß der Gasmaskenatmung auf den Kreislauf des Menschen.

(Unter besonderer Berücksichtigung des Elektrokardiogramms.)

Von HANS HOFER.

Im Herbst 1938 wurde uns der 51jährige Spinnermeister B. Balz, der seit einer anstrengenden Gasmaskenübung an anginösen Beschwerden litt, von der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt in Luzern zur Begutachtung zugewiesen; wir hatten die Frage abzuklären, ob zwischen den aufgetretenen Beschwerden und der Benützung der Gasmaske ein ätiologischer Zusammenhang angenommen werden müsse.

Der Sachverhalt war folgender: Im Laufe einer mit Gasmasken vorgenommenen Uebung der Fabrikluftschutztruppe hatte B. bei der Bergung eines Verletzten mitzuwirken; beim Transport der Tragbahre über einen ca. 80 m langen Abhang (Höhendifferenz 20 m) stellte sich bei B. stärkste Atemnot bis zu Erstickungsgefühl ein, so daß er die Uebung abbrechen und für kurze Zeit die Gasmaske lüften mußte, worauf sich die subjektiven Beschwerden sofort besserten. Die Uebung dauerte dann noch ungefähr eine Stunde und konnte vom Expl. bis zum Ende mitgemacht werden.

Nach einer unruhigen und schlafgestörten Nacht traten am Morgen heftige klemmende Schmerzen in der linken Brustseite und unter dem linken Schulterblatt auf, die einige Tage anhielten und erst im Laufe von zwei Wochen allmählich abklangen.

Bei der klinischen Untersuchung war folgendes festzustellen:

Expl. klagt über Druckgefühl auf der linken Brustseite und unter dem linken Schulterblatt, das sich bei Anstrengungen zu einem stechenden Schmerz steigert.

Status: Kräftiger, gesund aussehender Mann. Lippen und Mundschleimhaut bläulich. Keine Dyspnoe. Puls zwischen 60 und 80, regelmäßig, von

guter Qualität. Arterienwand von normaler Konsistenz. Blutdruck 140/100, 145/100, 140/105 mm Hg (Manchettenmethode). Venektasien im Gesicht und an den Ohren. Keine Halsvenenstauung. Große Struma nodosa, partim intrathoracica. Inspiratorischer Stridor bei forcierter Atmung. Lungen o. B. Keine Stauung. Abdominalorgane normal. Leber nicht vergrößert. Herz: Spitzenstoß im 4. Interkostalraum, in der Medioklavikularlinie, nur schwer zu fühlen. Größe und Konfiguration des Herzens normal, Aktion regelmäßig, Töne rein, normal akzentuiert; keine Geräusche. Karotisdruck führt zu starker Vagushemmung des Herzens. Der linke Processus styloideus ist druckempfindlich. Röntgenuntersuchung: Aorta stark verlängert, z. T. durch die Struma verdrängt. Struma weitgehend intrathorazisch gelegen, das rechte Spitzenfeld verschattend, die Trachea nach links verdrängend, auf die Hälfte des Durchmessers komprimierend. Herz und Lungen o. B.

Elektrokardiogramm in Ruhe (vgl. Abb. 1): Sinusrhythmus. Frequenz 64. P-Q = 0,14 Sek. Q-R-S = 0,65 Sek. Q-T = 0,38 Sek. (Mittelwert nach *Fridericia* 0,375 Sek.). P-Zacken in allen Ableitungen positiv, niedrig. Q-R-S-Komplexe plump, besonders in Abl. II und III. Knotungen in Abl. II und III. Hohes R in Abl. I, tiefes S in Abl. III. S-T-Strecke in Abl. III leicht gesenkt, sonst isoelektrisch. T-Zacken in Abl. III negativ, sonst positiv.

Diagnose: Laevogramm vom Positionstypus. Normales Ekg. Keine Infarktzeichen.

Elektrokardiogramm nach Belastung (vgl. Abb. 2 und 3): Sinustachykardie. Sinusblockierung. Frequenz 120. Verkleinerte R-Zacken, vergrößerte S-Zacken in Abl. II und III. Leichte S-T-Senkungen. Abflachung von T in Abl. I und in der thorakalen; T_3 wird positiv.

Diagnose: Laevogramm. Die S-T-Senkungen gehen nicht über die bei gesunden Herzen beobachteten Abweichungen hinaus. Die Veränderungen von R und T können mit der veränderten Herzlage nach Arbeit im Zusammenhang stehen.

Die Kontrolle von Puls, Blutdruck und Respiration nach Steigen von 2mal 48 Treppenstufen ließ auf eine normale Kreislaufregulation schließen.

Beurteilung: Auf Grund der charakteristischen subjektiven Beschwerden des B., des schon beim leichtesten Druck positiven Karotisdruckversuches und der Druckempfindlichkeit des linken Processus styloideus (*Head*sche Zone) stellten wir die Diagnose Angina pectoris. Da die im Anschluß an schwere Atemnot sich einstellenden Beschwerden zum erstenmal nach der Luftschutzübung mit der Gasmaske aufgetreten waren, schien ein Kausalzusammenhang zwischen der Angina pectoris des Expl. und der Gasmaskenatmung naheliegend, um so mehr, als bei dem im Koronarsklerosealter stehenden Mann noch eine leicht komprimierende, retrosternale Struma festgestellt worden war, so daß die Annahme einer Hypoxämie als Folge der Gasmaskenatmung a priori nicht von der Hand zu weisen war.

Dieser Begutachtungsfall schien von allgemeinem Interesse zu sein und verpflichtete uns gewissermaßen, uns einmal eingehend mit dem Einfluß der Gasmaskenatmung auf den mensch-

lichen Kreislauf und ganz speziell auf den Ablauf der Herzstromkurve zu beschäftigen [1].

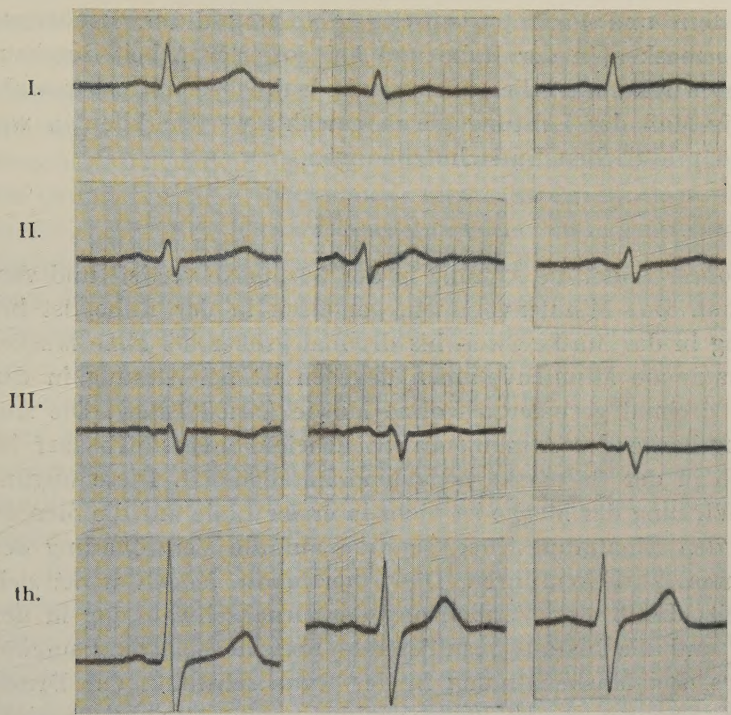


Abb. 1 Abb. 2 Abb. 3
B., Balz

[1] Während der Korrektur dieser Arbeit wurde uns der nachstehende Fall eines Luftschutzpflichtigen zugewiesen, bei dem sich ebenfalls die Frage nach der schädlichen Wirkung der Gasmaskenatmung auf den Kreislauf stellt.

Der 1879 geborene *R. Johann* war 1931 wegen Atembeschwerden bei Anstrengung auf einen leichteren Posten versetzt worden. 1938 wurde R. nach einem scharfen Laufschritt mit Ersteigen mehrerer Stockwerke in der Gasmaske wegen heftiger Dyspnoe und Tachykardie vom Luftschutzdienst dispensiert. Seit dieser Luftschutzübung, bei deren Abschluß durch ärztliche Untersuchung ein hoher Blutdruck und eine Herzvergrößerung festgestellt wurden, war R. nun bei jeder kleinen Anstrengung stark dyspnoisch, und es stellten sich die ersten Zeichen einer deutlichen Angina pectoris ambulatoria und als Zeichen der Rechtsinsuffizienz Schmerzen im Oberbauch ein. Seit Herbst 1939 Verschlechterung des Zustandes; Zunahme der stenokardischen Beschwerden, speziell beim Gehen gegen kalten Wind, so daß R. alle 300 Meter stillstehen mußte. Subjektiv unangenehm empfundenes Aus-

Da die Aufnahme der Elektrokardiogramme an den Truppen des passiven Luftschutzes anläßlich der ordentlichen Luftschutzübungen mit großen Schwierigkeiten verbunden war, entschlossen wir uns, die nötigen Versuche an Assistenten, Krankenschwestern und Patienten unserer Abteilung durch Benützung von Gasmasken in der Ruhe und bei dosierter Arbeit durchzuführen; wir konnten dies um so unbedenklicher tun, als sowohl Art wie Maß der Leistung gleich gewählt werden konnten wie bei den praktischen Luftschutzübungen.

1. Literatur.

Rohrer findet die Atmung in der Gasmaske vertieft und verlangsamt. Das Minutenvolumen, gemessen in der Ruhe, ist bei Atmung in der Maske zwei- bis dreimal größer als ohne Maske; das maximale Minutenvolumen dagegen ist bei Atmung in der Maske dreimal geringer als ohne Maske (24:63 Liter). Die Anpassungsbreite der Atmung an vermehrten Sauerstoffbedarf ist deshalb in der Gasmaske bedeutend herabgesetzt. Diese ungünstige Wirkung der Maske ist nicht in erster Linie auf die Stenose durch den Einatmungsfilter, sondern auf die Vergrößerung des Totraumes zurückzuführen. Die Filterstenose jedoch wirkt sich ihrerseits durch eine Vermehrung der Druckschwankung in der Lunge und die hieraus resultierende Kreislaufbelastung ungünstig aus. Bei Maskenatmung in der Ruhe schwankt der Druck in den Alveolen ebenso stark wie bei maximaler Arbeit ohne Maske.

Aus den eingehenden Untersuchungen des Verfassers, die allerdings schon im Jahre 1918, also noch mit der alten Militärgasmaske, vorgenommen wurden, geht hervor, daß beim Tragen der Gasmaske schon relativ geringe und kurzdauernde Anstrengungen mit erheblich größeren Reaktionen des Atmungs- und

setzen des Herzschlages. Wir stellten bei Spitaleintritt im Februar 1940 folgenden Befund fest:

Blasse Zyanose. Deutliche Anstrengungsdyspnoe. Stark gespannter, regelmäßiger Puls. Blutdruck 270/170. Halsvenen gestaut. Herz stark nach links vergrößert; langsam hebender Spitzenstoß. Pendelrhythmus. Systolisches Sklerosegeräusch an der Spitze. Leberrand eben fühlbar. Leichte Tibialödeme. Im Urin Albumen und Erythrozyten. Ekg. stark entstellt im Sinne des Myokardschadens. Retinomalacia angiospastica.

Diagnose: Maligne Sklerose. Angina pectoris ambulatoria. Kardiale Beschwerden seit einer Arbeitsbelastung in der Gasmaske bedeutend verstärkt und seither manifeste Herzinsuffizienz.

Kreislaufsystems verbunden sind, welche langsamer abklingen als normalerweise; bei längerem Tragen der Maske waren zwar an den Atmungsorganen keine Veränderungen wahrzunehmen, doch zeigten sich bei einem Teil der Versuchspersonen Ueberanstrengungszeichen am «Herzmuskel».

Die Untersuchungen von *Thiel, Ruhnau* und *Gerlach* mit zunehmendem Atmungswiderstand ergaben, daß die Stenoseatmung innerhalb gewisser Grenzen eine mit dem Grad der Stenose ansteigende Sauerstoffaufnahme in den Alveolen bewirkt. Als Grund für diese Erscheinung muß eine durch die verstärkte Saugwirkung des Thorax hervorgerufene Beschleunigung der Blutströmungsgeschwindigkeit, die pro Zeiteinheit eine Vermehrung der Erythrozyten in den Alveolarkapillaren bedingt, angenommen werden. Der Widerstand des Gasmaskenfilters bewirkt ungefähr das Optimum der Sauerstoffresorption. Die Verfasser kommen deshalb zum Schlusse, daß sich bei Leistung von mittlerer körperlicher Arbeit unter der Gasmaske sogar eine Vergrößerung der maximalen absoluten Sauerstoffaufnahme und damit eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Individuums ergibt.

Bei gesunden jungen Leuten fanden *Plügge* und *Büttner* regelmäßig, sozusagen als «Standardreaktion», nach Belastung unter der Gasmaske eine Verkürzung des Q-R-S-Komplexes, ein Höher- und Spitzerwerden der T-Zacke sowie eine sofort nach der Belastung nur für Sekunden auftretende Verkleinerung der Kammerkomplexe auf ¼ bis ⅕ der Zackengröße im Ruhe-Ekg. Nach besonders schwerer Belastung war zudem öfters während kurzer Zeit eine erheblich verlängerte Ueberleitungszeit zwischen Vorhof und Kammer (bis 0,22 Sek.) nachweisbar; doch soll diese Veränderung nur mit Brustwandelektroden und Schnellaufkassette, die raschestes Arbeiten gestatten, erfaßbar sein. Bei Versuchspersonen mit hypertoner Reaktion kam es, wenn sie maximal belastet wurden, zu hohem Abgang der S-T-Strecke, Extrasystolen, schwerer Dyspnoe und anfänglicher Bradykardie. Der als Standardreaktion geschilderte Komplex von Veränderungen des Ekg. — mit Ausnahme der Verlängerung von P-Q — war in gleicher Häufigkeit sowohl mit als auch ohne Maske zu finden (nur bei Masken mit großem Totraum und Pendelatmung waren Abweichungen häufiger); die aufgetretenen Veränderungen werden als noch im Bereiche der Norm liegend bezeichnet, so daß daraus der Schluß gezogen wird, daß bei völlig Kreislauf-

gesunden auch bei sehr starker Belastung unter Stenoseatmung keine Hypoxämie des Herzmuskels auftrete. Die Verlängerung der Ueberleitungszeit wird als Störung gedeutet, für die entweder erhöhter Vagustonus oder eine vorübergehende Störung im spezifischen System in Frage komme. Die Verkleinerung der Ausschläge von Q-R-S, die sonst allgemein als Zeichen einer schweren Herzschädigung gilt, wollen die Verfasser bei Fehlen einer Koronarwelle nicht unbedingt als Zeichen einer Schädigung aufgefaßt wissen. Im übrigen sind sie der Auffassung, daß eine bewußte, anerzogene Atmungsführung in der Gasmaske imstande ist, Veränderungen der Herzfunktion weitgehend herabzumindern.

Lucke betont, daß für Koronarkranke oder Koronarbedrohte allein schon das Tragen der Gasmaske Bedingungen schafft, auf die sich das geschädigte Kreislaufsystem nicht voll einzustellen vermag, so daß unmittelbare Schädigungen und Gefahren auftreten können. Er glaubt, daß bei Arbeitsleistung eines Koronarkranken in der Gasmaske die ausreichende Sauerstoffversorgung und damit die Ernährung des Herzens nicht mehr gewährleistet ist, so daß es durch Anoxämie zu bedrohlichen Durchblutungsstörungen des Herzens und damit zur Ausbildung von Herzinfarkten und zu plötzlicher oder allmählich auftretender Herzmuskelinsuffizienz kommen kann. Der Verfasser berichtet über drei im Sklerosealter stehende, voll arbeitsfähige Männer, bei denen im Anschluß an eine Luftschutzübung mit Gasmaske Anfälle von echter Angina pectoris auftraten. In einem Fall verschwanden diese Beschwerden nach sechsmonatiger Behandlung, in den beiden anderen Fällen entwickelte sich dagegen eine progressive Herzinsuffizienz.

Zettel und *Fink* haben die Wirkung der Gasmaske an 20 gesunden Personen beiderlei Geschlechts im Alter von 24 bis 28 Jahren untersucht; die Belastung bestand in einem Dauerlauf mittleren Tempos von einer Minute Dauer mit 25 Pfund Gepäck. In fast allen Fällen kam es subjektiv zu Beschwerden: erhebliche Dyspnoe, Sensationen in der Herzgegend, Kopfschmerzen, Mattigkeit. Objektiv waren festzustellen: Pulsbeschleunigung und Steigerung besonders des systolischen Blutdruckes; Ekg.-Veränderungen nach Belastung: P-Q zeigte fast immer eine geringe Verkürzung; R_1 war stets wesentlich erniedrigt; häufige Vertiefung der S-Zacke. Q-R-S-Breite meist unverändert, 4mal verlängert, 3mal verkürzt. S-T-Strecke in 80% deutlich gesenkt. T_1

meist abgeflacht, T_2 und T_3 höher und spitzer. Bei einer Versuchsperson traten gehäufte Vorhofs- und Kammerextrasystolen und kurze Flimmeranfälle auf. Die Veränderungen im Ekg. unter der Schutzmaske werden nicht auf die Stenoseatmung, sondern auf Sauerstoffmangel zurückgeführt.

2. *Eigene Untersuchungen.*

a) Methodik.

Bei unseren Untersuchungen war es uns vor allem darum zu tun, den Einfluß der Gasmaskenatmung auf die Herzstromkurve abzuklären. Parallel zu diesen Untersuchungen führten wir jedoch auch Versuche zur Ermittlung des Einflusses der Gasmaskenatmung auf den ganzen Kreislauf des Menschen aus; wir bedienten uns hiezu der *Schellong*schen Methode der «Regulationsprüfung des Kreislaufes», welche uns neben einer systematischen Kontrolle von Pulsfrequenz und Blutdruck auch noch eine genauere Ausmessung und Bewertung der Q-R-S-Breite im Elektrokardiogramm ermöglichte.

Von jeder Versuchsperson (Vp.) wurde zunächst ein Elektrokardiogramm (Ekg.) in Ruhe aufgenommen, welches für alle weiteren Versuche als Vergleichsbasis zu dienen hatte. Hierauf ließen wir die Versuchsperson mit aufgesetzter Gasmaske 10 Minuten lang bei vollständiger körperlicher Ruhe atmen, um dann das Ruhe-Ekg. in der Gasmaske aufzunehmen [2].

Es folgte nun der Arbeitsversuch in der Gasmaske. Zu diesem Zwecke ließen wir die Vp. in möglichst raschem Tempo 2mal 48 Treppenstufen ersteigen; für besonders kräftige und trainierte junge Männer wurde die Belastung auf das Ersteigen von 3mal 48 Treppenstufen erhöht. Sofort nach dem Steigen wurde das Belastungs-Ekg. aufgenommen und diese Aufnahme 2, 5 und 10 Minuten später wiederholt, bevor die Gasmaske abgesetzt wurde. Um noch genauere Vergleichsmöglichkeiten zu besitzen, wurde nach diesen Aufnahmen meistens auch noch ein Belastungs-Ekg. ohne Gasmaske angefertigt.

[2] In 43 von 50 Fällen benutzten wir eine sog. Militärgasmaske mit Ein- und Ausatmungsventil, Lochfilterbüchse in der Umhängetasche mit Luftzufuhrschlauch. 7 Vp. trugen die gebräuchliche Zivilgasmaske mit Ein- und Ausatmungsventil mit an der Ventilplatte direkt befestigter Filterbüchse. Beide Modelle sind mit den kombinierten Adsorptions- und Schwebstoffiltern ausgerüstet.

Bei allen Versuchen führten wir das Ekg. in den üblichen drei Extremitätenableitungen aus; in ungefähr 50% der Fälle wurde überdies noch eine Thorakalableitung (eine Elektrode über der absoluten Herzdämpfung, die andere am rechten Arm) aufgenommen.

Bei den Untersuchungen nach der *Schellong*schen Methode der Regulationsprüfung machten wir die elektrokardiographischen Aufnahmen mit der Schnellablaufdose (Papiertransport 110 bis 150 mm pro Sek.) in Ruhe mit und ohne Gasmaske, und nach Arbeit mit und ohne Gasmaske. Der Q-R-S-Komplex kann bei dem mit gewöhnlichem Papiertransport aufgenommenen Ekg. nicht mit genügender Genauigkeit ausgemessen werden, da es sich hier um Differenzen von Tausendstelsekunden handelt. Mit der Untersuchung der Q-R-S-Dauer im Ekg. wurde, analog dem Vorgehen von *Schellong*, die Kontrolle von Pulsfrequenz und Blutdruck verbunden, wobei wir uns an das folgende Untersuchungsschema hielten:

1. Zweimalige Bestimmung von Pulsfrequenz und Blutdruck (auskultatorisch) in Ruhe.
2. Ruhe-Ekg. in bithorakaler Ableitung.
3. Steigen von 2mal 24 Treppenstufen in möglichst kurzer Zeit.
4. Ekg.-Aufnahme sofort, 1, 2, 3, 4, 5 und 6 Minuten nach Arbeit.
5. Blutdruckbestimmung sofort, 1, 2, 3, 4, 5 und 6 Minuten nach Arbeit.

Aus Gründen der Zeitersparnis waren wir gezwungen, die mit jeder Vp. durchzuführenden Versuche kurz nacheinander abzuwickeln; doch wurde streng darauf geachtet, daß keine neue Untersuchung begonnen wurde, bevor sich die Vp. vom vorhergehenden Versuch vollständig erholt hatte.

Zum besseren Verständnis der für unsere Versuche ausgearbeiteten Methodik lassen wir je ein Schema für den elektrokardiographischen Arbeitsversuch und für die *Schellong*sche Regulationsprüfung des Kreislaufs folgen.

b) Technik.

Sämtliche elektrokardiographischen Versuche wurden mit dem tragbaren Verstärkerröhrenapparat von Siemens und Halske duchgeführt. Um für das Belastungs-Ekg. eine möglichst rasche Aufnahme nach der Arbeit zu ermöglichen, wurde die Versuchs-

Schema für den elektrokardiographischen Arbeitsversuch.

Name: Burkhalter Ernst. Versuch Nr. 1.

	Ohne Maske					*Mit Maske*				
	Ruhe	sofort	2′	5′	10′	Ruhe	sofort	2′	5′	10′
Frequenz	63	60	60	58	58	70	100	80	78	70
P-Q	0,19	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18/19	0,18	0,18/19	0,19	0,18/19
Q-R-S	0,09	0,09/1	0,09	0,08/09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Q-T	0,4	0,4	0,42	0,42	0,42	0,38	0,33	0,37	0,37	0,37/38

		Arbeitsversuch Ruhe
P-Zacken	in allen Ableitungen positiv	unverändert
	P_1 höher	P_1 höher
	P_2 abgeflacht, zweigipflig	P_2 höher, nach 10′ abgeflacht
	P_3 negativ	unverändert
	P^{th} höher	unverändert
Q-R-S-Komplexe	R^{th} geknotet	unverändert
	in Abl. I höhere Ausschläge	unverändert
	in Abl. II kleinere Ausschläge	S-Zacke tiefer
	in Abl. III kleinere Ausschläge	S-Zacke tiefer
	in der thorak. Abl. größere Ausschläge, Stufe in R	Stufe in R
	in allen Abl. leicht überhöht	unverändert
S-T-Strecken	$S\text{-}T_1$ unverändert	unverändert
	$S\text{-}T_2$ leicht gesenkt, steigt wieder	isoelektrisch, richtet sich auf
	$S\text{-}T_3$ gleich wie $S\text{-}T_2$	isoelektrisch, wird höher
	$S\text{-}T^{th}$ stärker überhöht	stärker überhöht
	in allen Ableitungen positiv	unverändert
T-Zacken	T_1 höher	unverändert
	T_2 abgeflacht	höher
	T_3 abgeflacht	abgeflacht
	T^{th} abgeflacht	höher

Schema für die Schellongsche Regulationsprüfung.

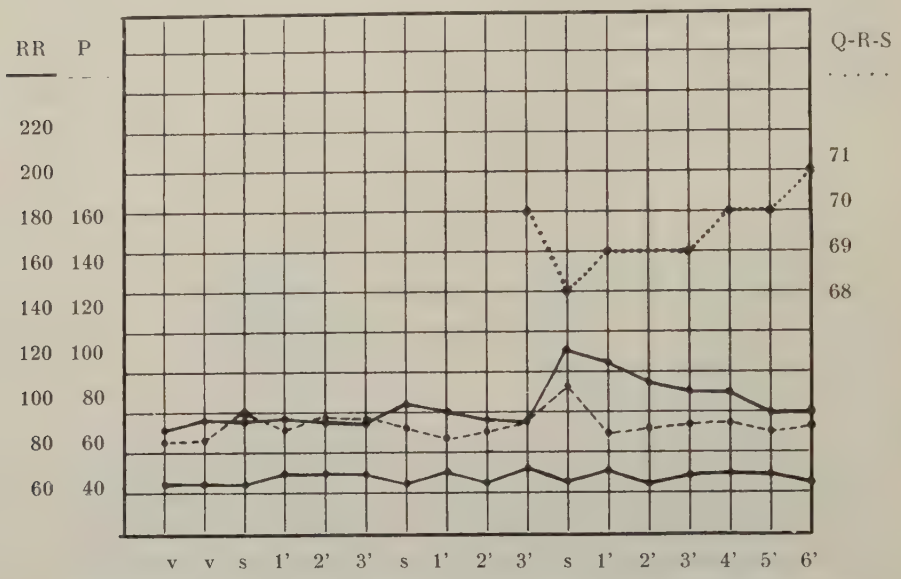
Versuch Nr. 1.
Name: Burkhalter Ernst.

Bern-Tiefenau-Spital, 19. 4. 1939.
Alter: 43 J. Krankengesch. Nr. 3837.
Diagnose

Rekonvaleszent nach traumatischer Pneumonie mit akuter Kreislaufinsuffizienz. Lungenemphysem. Im Ekg. P pulmonale.

		Blutdruck	Puls	Q-R-S
Liegen	v	90/65	66	
	v	95/65	66	70
Stehen	s	95/65	80	
	1′	95/70	72	
	2′	95/70	76	
	3′	95/70	76	
Liegen	s	105/65	72	
	1′	100/70	68	
	2′	95/65	70	
	3′	95/70	76	

	2mal 24 Stufen	Zeit: 30 Sek.		Beurteilung
Erholung: Liegen s	130/65	92	68	Normale Puls- und Blutdruck-
1′	125/70	70	69	reaktionen
2′	115/65			Normale Erholungszeiten
3′	110/70	73	69	Q-R-S verkürzt sich sofort nach Ar-
4′	110/70	75	70	beit von 70 auf 68 Sigma und
5′	100/70	72	70	steigt 6 Minuten später auf 71
6′	100/65	73	71	Sigma



person schon vor dem Treppensteigen mit den Elektroden versehen; doch mußten diese während des Versuches mindestens einmal neu angefeuchtet werden, damit die Leitfähigkeit der Haut konstant erhalten blieb. Das genaue Einhalten der im Schema vorgesehenen Stichzeiten für die Ekg.-Aufnahmen nach Arbeit ermöglichte uns, die Kurven der Belastungs-Ekg. mit und ohne Gasmaske bis in alle Einzelheiten miteinander zu vergleichen.

c) Versuchsmaterial.

Wir untersuchten 42 Männer und 8 Frauen im Alter von 16 bis 55 Jahren; es handelte sich hiebei meist um Gesunde, bzw. Rekonvaleszenten nach den verschiedensten Krankheiten. Ausgesprochen herz-, bzw. kreislaufkrank waren nur 2 Vp.: die eine leidet an einem malignen Hypertonus, die andere an einem Diabetes mellitus mit stenokardischen Erscheinungen und einem elektrokardiographisch nachgewiesenen schweren Myokardschaden.

d) Allgemeine klinische Beobachtungen.

Das Aufsetzen der Gasmaske führte in den meisten Fällen schon bei körperlicher Ruhe zu vertiefter, aber eher verlangsamter Atmung.

Der Arbeitsversuch (Ersteigen von 2mal 48 Treppenstufen) erforderte im allgemeinen mit der Gasmaske etwas mehr Zeit als ohne Maske. Es kam aber nie vor, daß eine Vp. im Versuch mit der Gasmaske wegen übermäßiger Dyspnoe ihr Pensum nicht hätte erledigen können oder daß sie sich bei der Rückkehr vom Treppensteigen über unerträgliche Atemnot beklagt hätte. In allen Arbeitsversuchen mit der Gasmaske steigerte sich jedoch die Dyspnoe offensichtlich vom Moment an, wo die Vp. sich zur Ekg.-Aufnahme auf den flachen Untersuchungstisch legte. Einige vegetativ Stigmatisierte rissen kurz nach dem Abliegen die Gasmasken vom Gesicht; die meisten jedoch überwanden das anfängliche Erstickungsgefühl durch eine vertiefte Atmung. In allen Fällen war nach dem Arbeitsversuch mit der Gasmaske eine gesteigerte Dyspnoe festzustellen.

Nach beendetem Arbeitsversuch erlitten die Vp. auf dem Untersuchungstisch in der Regel einen Schweißausbruch, und zwar in deutlich verstärktem Maße nach der Belastung mit der Gasmaske. Der Hauptgrund für diesen verstärkten Schweißausbruch dürfte in der zusätzlichen Wärmestauung durch die Gesichtsmaske zu suchen sein; Rumpf und Extremitäten waren zur Ekg.-Aufnahme ohnehin durch die mit Gummistoff überzogene Isolierdecke an der Wärmeabgabe behindert.

Mit Ausnahme der Vagusarrhythmie sind Pulsirregularitäten sehr selten beobachtet worden. Eine Vp. wies im Ekg. nach Arbeit in der Gasmaske eine ventrikuläre Extrasystolie auf, während im entsprechenden Versuch ohne Gasmaske keine Extrasystolen festzustellen waren. Umgekehrt waren in einem Fall von habitueller ventrikulärer Extrasystolie die Extrasystolen nach Arbeit in der Gasmaske seltener als im Arbeitsversuch ohne Maske.

e) Pulsfrequenz.

Die Pulsfrequenz wurde ohne Ausnahme aus den Ekg. errechnet.

Ohne Maske:

Sofort nach Arbeit stieg die Pulszahl in 45 von 47 Fällen

um 6 bis 90 Schläge pro Minute an; in 2 Fällen ging die Frequenz um je 3 Schläge pro Minute zurück.

Durchschnittliche Pulszunahme nach Arbeit: 39 Schläge pro Minute.

10 Minuten nach Arbeit war die Pulszahl in 38 von 47 Fällen immer noch um 3 bis 40 Schläge pro Minute höher, in 3 Fällen um 3 bis 5 Schläge geringer als in der Ruhe.

Durchschnittliche Erhöhung der Pulszahl 10 Minuten nach Arbeit: 9 Schläge pro Minute.

Mit Gasmaske:

In der Ruhe erhöhte sich die Pulsfrequenz bei Benützung der Gasmaske in 25 von 49 Fällen um 3 bis 32 Schläge pro Minute; in 18 Fällen verlangsamte sich der Puls um 1 bis 20 Schläge pro Minute.

Durchschnittliche Veränderung: Erhöhung der Frequenz um 3 bis 4 Schläge pro Minute (siehe Tab. 1).

Sofort nach Arbeit stellten wir in 17 von 47 Fällen bei Benützung der Gasmaske einen Mehranstieg von 3 bis 40 Schlägen pro Minute und in 22 Fällen eine Verminderung der Pulszahl um 1 bis 55 Schläge pro Minute fest, verglichen mit den entsprechenden Werten ohne Maske.

Durchschnittliche Veränderung: Verminderung der Arbeitstachykardie um 4 Schläge pro Minute (siehe Tab. 2).

10 Minuten nach Arbeit war die Pulszahl in 22 von 47 Fällen noch um 3 bis 24 Schläge pro Minute höher und in 12 Fällen um 4 bis 15 Schläge pro Minute niedriger als im entsprechenden Versuch ohne Maske.

Durchschnittliche Veränderung: Erhöhung der Pulsfrequenz um 1 bis 2 Schläge pro Minute (siehe Tab. 2).

Die Resultate unserer Untersuchungen über die Pulsfrequenz in der Ruhe und nach Arbeit bei Verwendung der Gasmaske werden in den folgenden zwei Tabellen schematisch dargestellt.

f) Blutdruck.

Wir kontrollierten die Blutdruckwerte bei 39 Vp. in der Ruhe und nach Arbeit, vor und nach dem Aufsetzen der Gasmaske. Bei den Versuchen mit der Gasmaske wurden die Blutdruckwerte erst nach einer 10 Minuten dauernden Anpassung an die neuen Verhältnisse geprüft.

Tabelle 1. Pulsfrequenz in Ruhe.

Vp.	Veränderung der Pulsfrequenz bei Verwendung der Gasmaske	Anzahl d. Fälle
	Erhöhung der Pulszahl um 3 bis 32 Schläge pro Minute	25
	Senkung der Pulszahl um 1 bis 20 Schläge pro Minute	18
49		
	Durchschnittliche Veränderung bei Benützung der Gasmaske: Erhöhung der Pulszahl um 3 bis 4 Schläge pro Minute.	

Tabelle 2. Pulsfrequenz nach Arbeit.

Vp.	Zeit	Veränderung der Pulsfrequenz bei Verwendung der Gasmaske	Anzahl d. Fälle
		Erhöhung der Pulsfrequenz um 3—40 Schläge pro Minute	17
47	sofort nach Arbeit	Senkung der Pulsfrequenz um 1—55 Schläge pro Minute	22
		Durchschnittliche Veränderung sofort nach Arbeit: Senkung der Pulsfrequenz um 4 Schläge pro Minute.	
		Andauernde Erhöhung der Pulsfrequenz um 3—24 Schläge pro Minute	22
47	10 Minuten nach Arbeit	Andauernde Senkung der Pulsfrequenz um 4—15 Schläge pro Minute	12
		Durchschnittliche Aenderung 10 Minuten nach Arbeit: Erhöhung der Pulsfrequenz um 1—2 Schläge pro Min.	

1. Blutdruckwerte in der Ruhe.

Nach dem Aufsetzen der Gasmaske stieg der *systolische* Blutdruck in 26 Fällen um 5 bis 20 mm Hg an; in 4 Fällen trat eine Senkung desselben um 5 bis 10 mm Hg ein, und in 9 Fällen war keine Veränderung festzustellen.

Der *diastolische* Druck erfuhr durch die Benützung der Gasmaske in 14 Fällen eine Erhöhung um 5 bis 15 mm Hg, in 5 Fällen ein Senkung von 5 bis 15 mm Hg und in 20 Fällen keine Veränderung. Durchschnittliche Veränderung: Erhöhung des systolischen Druckes um 5 mm Hg und des diastolischen Druckes um 2 mm Hg (siehe Tab. 3).

2. Blutdruckwerte nach Arbeit.

Ohne Gasmaske.

Nach Arbeit war in allen Fällen eine Erhöhung des systolischen Druckes festzustellen.

1 Minute nach Arbeit bewegte sich die Zunahme des *systolischen* Druckes zwischen 20 und 55 mm Hg und betrug im Durchschnitt 38 mm Hg. Der *diastolische* Druck dagegen war zu diesem Zeitpunkt in 12 von 39 Fällen um 5 bis 10 mm Hg höher

und in 10 Fällen um 5 bis 10 mm Hg niedriger als in der Ruhe; das entspricht einer durchschnittlichen Abnahme des diastolischen Druckes um weniger als 1 mm Hg.

6 Minuten nach Arbeit ist der *systolische* Druck in 7 Fällen um 5 bis 10 mm Hg höher, in 13 Fällen um 5 bis 10 mm Hg niedriger als in der Ruhe. Durchschnittliche Veränderung: Abnahme des systolischen Druckes um 1 mm Hg.

Der entsprechende *diastolische* Blutdruck ist in 4 Fällen je 5 mm Hg höher und in 17 Fällen um 5 bis 20 mm Hg niedriger als in der Ruhe. Durchschnittliche Veränderung: Abnahme des diastolischen Druckes um 3 mm Hg.

Mit Gasmaske.

1 Minute nach Arbeit fanden wir den *systolischen* Druck gegenüber dem entsprechenden Wert ohne Gasmaske in 26 von 39 Fällen um 5 bis 40 mm Hg erhöht, in 7 Fällen um 5 bis 20 mm Hg niedriger. Durchschnittliche Veränderung: erhöhter systolischer Druckanstieg von 9 mm Hg. Der *diastolische* Druck war gegenüber dem Wert ohne Maske in 19 Fällen um 5 bis 25 mm Hg erhöht, in 9 Fällen um 5 bis 20 mm Hg niedriger. Durchschnittliche Veränderung: erhöhter diastolischer Druckanstieg von 2 bis 3 mm Hg.

6 Minuten nach Arbeit wurde der systolische Blutdruck in 24 von 39 Fällen um 5 bis 20 mm Hg höher und in 3 Fällen um 5 bis 10 mm Hg niedriger gemessen als in der entsprechenden Erholungsphase ohne Gasmaske. Durchschnittliche Veränderung: erhöhter systolischer Druckanstieg von 9 mm Hg. Der *diastolische* Blutdruck weist in 16 Fällen eine Erhöhung des Druckanstieges um 5 bis 15 mm Hg und in 7 Fällen eine Verstärkung des Druckabfalles um 5 bis 20 mm Hg auf. Durchschnittliche Veränderung: erhöhter diastolischer Druckanstieg von 1 bis 2 mm Hg (siehe Tab. 4).

Wir haben die Veränderungen in den Blutdruckwerten, wie sie sich bei unseren Versuchen durch die Benützung der Gasmaske in der Ruhe und nach Arbeit ergeben haben, zur Erzielung einer größeren Uebersichtlichkeit tabellarisch zusammengestellt.

g) Elektrokardiogramm.

Unsere Untersuchungen über den Einfluß der Gasmaskenatmung auf den Ablauf der Herzstromkurve haben wir an insgesamt 49 Vp. vorgenommen.

Tabelle 3. Blutdruckwerte in der Ruhe.

Vp.	Veränderung des Blutdruckes bei Benützung der Gasmaske	Anzahl d. Fälle
	Systolischer Anstieg um 5—10 mm Hg	26
	Systolischer Abfall um 5—10 mm Hg	4
	Diastolischer Anstieg um 5—10 mm Hg	14
	Diastolischer Abfall um 5—15 mm Hg	5
39		
	Durchschnittliche Veränderung bei Benützung der Gasmaske in Ruhe:	
	Erhöhung des systolischen Druckes um 5 mm Hg	
	Erhöhung des diastolischen Druckes um 2 mm Hg.	

Tabelle 4. Blutdruckwerte nach Arbeit.

Vp.	Zeit	Veränderung des Blutdruckes bei Verwendung der Maske	Anzahl d. Fälle
	1 Minute nach Arbeit	Erhöhter systolischer Druckanstieg von 5—40 mm Hg	26
		Verstärkter systolischer Druckabfall von 5—20 mm Hg	7
		Erhöhter diastolischer Druckanstieg von 5—25 mm Hg	19
		Verstärkter diastolischer Druckabfall von 5—20 mm Hg	9
39			
		Durchschnittliche Veränderung 1 Minute nach Arbeit:	
		Erhöhter systolischer Druckanstieg von 9 mm Hg	
		Erhöhter diastolischer Druckanstieg von 2—3 mm Hg	
	6 Minuten nach Arbeit	Erhöhter systolischer Druckanstieg von 5—20 mm Hg	24
		Verstärkter systolischer Druckabfall von 5—10 mm Hg	3
		Erhöhter diastolischer Druckanstieg von 5—15 mm Hg	16
		Verstärkter diastolischer Druckabfall von 5—20 mm Hg	7
39			
		Durchschnittliche Veränderung 6 Minuten nach Arbeit:	
		Erhöhter systolischer Druckanstieg von 5 mm Hg	
		Erhöhter diastolischer Druckanstieg von 1—2 mm Hg	

Von jeder Vp. wurde vorerst ein gewöhnliches Ruhe-Ekg. aufgenommen; die Auswertung dieser Kurven führte zu folgenden Ergebnissen:

Die *P-Q-Dauer* ist in allen Fällen normal (zwischen 0,12 und 0,2 Sek.). Der Q-R-S-Komplex zeigt in 47 Fällen normale Breite (bis 0,1 Sek.); in 2 Fällen liegt ein Grenzwert vor (0,11 Sek.).

Die *Q-T-Strecke* hält sich in allen Fällen innerhalb der von *Fridericia* angegebenen Maximalwerte.

Nach den Diagnosen haben wir die 49 Ruhe-Ekg. wie folgt eingeteilt:

Normales Ekg. 37

Hypertrophie — Laevogramm	2
Intraventrikuläre Reizleitungsstörung	2
Verdacht auf Myokardschaden, bzw. Funktionsstörung	6
Myokardschaden	2

Die elektrokardiographischen Veränderungen, wie wir sie in den nachfolgenden Versuchen mit der Gasmaske in der Ruhe und nach Arbeit festgestellt haben, sollen nun einzeln besprochen werden.

1. Ueberleitungszeit P-Q.

Ruhe-Ekg.: In 7 von 49 Fällen hatte das Aufsetzen der Gasmaske bei vollständiger körperlicher Ruhe eine Verlängerung der Ueberleitungszeit P-Q bis zu 0,03 Sek., in 19 Fällen eine Verkürzung bis 0,02 Sek. zur Folge.

Belastungs-Ekg.: Sofort nach Arbeit: P-Q ist gegenüber den entsprechenden Werten ohne Gasmaske in 17 von 47 Fällen bis 0,02 Sek. verlängert, in 7 Fällen bis 0,02 Sek. verkürzt.

2 Minuten nach Arbeit: In 11 von 45 Fällen besteht eine Verlängerung von P-Q von 0,01 Sek. und in 10 Fällen eine Verkürzung bis 0,02 Sek.

5 Minuten nach Arbeit: P-Q ist in 10 von 45 Fällen um 0,01 Sek. verlängert, in 9 Fällen bis 0,02 Sek. verkürzt.

10 Minuten nach Arbeit: In 5 von 44 Fällen ließ sich eine Verlängerung von P-Q um 0,01 Sek. und in 13 Fällen eine Verkürzung bis 0,02 Sek. nachweisen (vgl. Tabellen 5 und 6).

Tabelle 5. Ruhe-Ekg. (P-Q).

Vp.	Veränderungen von P-Q bei Verwendung der Gasmaske	Anzahl d. Fälle
49	Verlängert um 0,01 bis 0,03 Sekunden	7
	Verkürzt um 0,01 bis 0,02 Sekunden	19

Tabelle 6. Belastungs-Ekg. (P-Q).

Vp.	Zeit	Veränderung von P-Q bei Benützung der Gasmaske	Anzahl d. Fälle
47	sofort nach Arbeit	Verlängert um 0,01 bis 0,02 Sek.	17
		Verkürzt um 0,01 bis 0,02 Sek.	7
45	2 Minuten nach Arbeit	Verlängert um 0,01 Sek.	11
		Verkürzt um 0,01 bis 0,02 Sek.	10
45	5 Minuten nach Arbeit	Verlängert um 0,01 Sek.	10
		Verkürzt um 0,01 bis 0,02 Sek.	9
44	10 Minuten nach Arbeit	Verlängert um 0,01 Sek.	5
		Verkürzt um 0,01 bis 0,02 Sek.	13

2. *Q-R-S-Dauer.*

Die Q-R-S-Dauer ist in allen Ruhe- und Belastungs-Ekg. ausgemessen worden, die bei unseren Versuchen mit und ohne Gasmaske aufgenommen wurden. Wir haben vorerst die Ergebnisse der Versuche in der Ruhe mit der Gasmaske und ohne Gasmaske miteinander verglichen und daraufhin den gleichen Vergleich bei den Belastungs-Ekg. sofort, 2, 5 und 10 Minuten nach Arbeit durchgeführt. Die sich aus der Benützung der Gasmaske ergebenden Veränderungen in der Q-R-S-Dauer sind in den Tabellen 7 und 8 zusammengefaßt.

Tabelle 7. Ruhe-Ekg. (Q-R-S).

Vp.	Veränderung von Q-R-S bei Benützung der Gasmaske	Anzahl d. Fälle
49	Verbreitert um 0,01 Sekunden	8

Tabelle 8. Belastungs-Ekg. (Q-R-S).

Vp.	Zeit	Veränderung von Q-R-S bei Benützung der Gasmaske	Anzahl d. Fälle
47	sofort nach Arbeit	Verlängert um 0,01 bis 0,02 Sek.	8
		Verkürzt um 0,01 Sek.	1
45	2 Minuten nach Arbeit	Verlängert um 0,01 bis 0,02 Sek.	3
		Verkürzt um 0,01 Sek.	1
45	5 Minuten nach Arbeit	Verlängert um 0,01 Sek.	5
		Verkürzt um 0,01 Sek.	1
45	10 Minuten nach Arbeit	Verlängert um 0,01 Sek.	6
		Verkürzt um 0,01 Sek.	2

Die Arbeitsversuche nach dem *Schellong*schen Verfahren, wobei die Ekg.-Aufnahmen mit der Schnellablaufkassette ausgeführt wurden, sind an 15 Vp. vorgenommen worden. Eine pathologische Verlängerung der Q-R-S-Dauer konnten wir dabei nur in 3 Versuchen ohne Maske, in den Versuchen mit der Maske dagegen nie feststellen. In 3 weiteren Arbeitsversuchen, die aber nur mit der Maske, und 2 anderen, die nur ohne Maske durchgeführt wurden, war Q-R-S nach Arbeit verkürzt.

Es interessierte uns, festzustellen, inwieweit die Resultate der Q-R-S-Ausmessung des gewöhnlichen Ekg. mit den Werten aus den Ekg. mit schnellem Filmtransport übereinstimmen. Wir haben deshalb in allen Fällen, wo die Kreislauffunktionsprüfung nach *Schellong* zur Anwendung gelangte, die maximale Verkürzung und die maximale Verlängerung der Q-R-S-Dauer im Ar-

beitsversuch mit und ohne Gasmaske mit den entsprechenden Veränderungen im Belastungs-Ekg. mit gewöhnlichem Filmtransport verglichen. Ein Vergleich der absoluten Q-R-S-Dauer in den beiden Ekg.-Formen war nicht möglich, weil wir in den nach *Schellong* geschriebenen Kurven aus Gründen der möglichst genauen Abgrenzung vielfach nur ein Teilstück von Q-R-S ausmessen konnten.

Tabelle 9. Vergleich von Q-R-S im Ekg. mit gewöhnlichem und mit schnellem Filmtransport.

	Arbeitsversuch ohne Gasmaske				*Arbeitsversuch mit Gasmaske*			
	Gewöhnliches Ekg.		*Schellong*		Gewöhnliches Ekg.		*Schellong*	
	Verläng.	Verkürz.	Verläng.	Verkürz.	Verläng.	Verkürz.	Verläng.	Verkürz.
1			ø	ø			0,001″	0,002″
2	0,01″		ø	ø	0,01″		0,002″	0,001″
3	ø	ø	ø	ø	0,01″		0,001″	
6	ø	ø	ø	ø				0,004″
7	0,01″		0,003″			0,01″	0,001″	0,001″
8	0,01″		0,005″		0,01″		0,003″	0,002″
9				0,002″				0,002″
10			0,004″			0,01″		0,007″
11			0,004″	0,005″			0,003″	
13		0,01″	0,001″	0,001″		0,01″	0,001″	0,003″
14			0,002″				0,001″	0,001″
15			0,001″	0,002″			0,002″	0,001″
17			0,001″				0,001″	0,002″
18			0,001″	0,002″			0,002″	0,001″
19			0,002″	0,001″		0,01″	0,002″	0,002″
20				0,003″	0,01″			0,003″
22	0,01″		0,003″	0,001″	0,01″		ø	ø
23	0,01″	0,01″	0,001″	0,001″	0,01″		0,003″	
24			0,002″	0,001″				0,002″
25	0,01″		0,002″			0,01″	0,003″	

Ein leeres Feld bedeutet, daß im Arbeitsversuch keine Verlängerung, bzw. Verkürzung von Q-R-S gegenüber dem Wert im Ruhe-Ekg. aufgetreten ist. Das Zeichen ø gibt an, daß der betreffende Arbeitsversuch nicht ausgeführt worden ist.

In Tabelle 9 haben wir die Veränderungen in der Q-R-S-Dauer, wie sie sich aus dem Arbeitsversuch mit und ohne Gasmaske ergeben, zusammengestellt und die Resultate aus den Ekg. mit normalem Papiertransport den Ergebnissen aus den Kurven mit Schnelltransport gegenübergestellt. Aus der Aufstellung geht hervor, daß zwischen den Ausmessungsresultaten der beiden Verfahren bedeutende Unterschiede bestehen, und daß die festgestellten Verkürzungen und Verlängerungen des Q-R-S-Komplexes nach der Methode mit beschleunigtem Papiertransport sich in

einer zehnmal kleineren Größenordnung bewegen als im gewöhnlichen Verfahren.

3. Q-T-Strecke.

Die elektrische Systolendauer blieb bei allen unseren Versuchen sowohl in der Ruhe als auch nach Arbeit, ohne Maske und bei Benützung der Gasmaske, innerhalb der von *Fridericia* angegebenen Maximalwerte.

4. Vorhofsschwankung.

Wir haben 49 *Ruhe-Ekg.* mit Maskenatmung und ohne Maskenatmung auf Veränderungen der P-Zacken untersucht.

Im allgemeinen wurden durch das Aufsetzen der Gasmaske in der Ruhe keine Veränderungen der P-Zacken hervorgerufen. Bei einer Vp. waren die P-Zacken in allen Ableitungen um Bruchteile von Millivolt höher, bei 5 anderen in gleichem Umfang in allen Ableitungen niedriger. In einigen Fällen waren außerdem geringe Größenunterschiede in ein bis zwei Ableitungen festzustellen, und bei einer weiteren Vp. wurde ein diphasisches P_3 durch Maskenatmung monophasisch. Auffällige Veränderungen in der Form der P-Zacke kamen nicht vor.

Auch die Untersuchung der 45 *Belastungs-Ekg.* mit und ohne Gasmaskenatmung ergab keine wesentlichen Anhaltspunkte für eine Veränderung der Vorhofsschwankung. Wo im Belastungs-Ekg. ohne Maskenatmung die P-Zacken gegenüber den Befunden im Ruhe-Ekg. abgeflacht oder erhöht waren, da pflegte die gleiche Veränderung auch im Arbeitsversuch mit Gasmaske aufzutreten. In 32 Fällen herrschte in den Belastungs-Ekg. mit und ohne Maskenatmung völlige Uebereinstimmung in Form und Größe der Zacken, und in den restlichen Fällen waren die Unterschiede minimal.

5. Anfangsschwankung.

Im *Ruhe-Ekg.* waren durch das Aufsetzen der Gasmaske die verschiedensten Veränderungen des Q-R-S-Komplexes wahrzunehmen. Meist handelte es sich um eine Größenänderung der Ausschläge in einzelnen oder in allen Ableitungen; daneben kamen aber auch Lageänderungen von Stufen und Wechsel in der Intensität von Aufsplitterungen vor. In einem Fall war die im Ruhe-Ekg. ohne Maskenatmung eindeutig vorhandene Stufe nach dem

Aufsetzen der Gasmaske nicht mehr nachweisbar; dagegen sind bei Maskenatmung in der Ruhe nie irgendwelche Besonderheiten des Ekg. neu aufgetreten.

Das *Belastungs-Ekg.* mit Maskenatmung wies nur wenige Veränderungen des Q-R-S-Komplexes auf, die sich im wesentlichen auf kleine Schwankungen in der Zackengröße beschränkten; in ungefähr 60% der Versuche waren überhaupt keine Unterschiede der Q-R-S-Komplexe in den beiden Belastungskurven festzustellen, und in den übrigen 40% hielten sich Vergrößerung und Verkleinerung der Ausschläge in allen Ableitungen ungefähr die Waage.

6. *Zwischenstück.*

In 46 von 49 Fällen wies das *Ruhe-Ekg.* mit Maskenatmung keine Veränderung der S-T-Strecke auf; in einem Fall wurde ein leicht muldenförmig gesenktes S-T_1, und in zwei weiteren Fällen ein allmählich abfallendes S-T_3 auf die isoelektrische Linie gehoben.

In 47 *Arbeitsversuchen* mit der Gasmaske kam es nur in ganz vereinzelten Fällen zu Veränderungen des Zwischenstückes. Bei 2 Vp. wurde eine schon im Arbeitsversuch ohne Maske bestehende leichte Senkung von S-T_2 und S-T_3 bei Benützung der Gasmaske noch etwas ausgeprägter, jedoch weniger als 0,05 Millivolt. In zwei weiteren Fällen war eine im Arbeitsversuch ohne Maske aufgetretene minimale Senkung von S-T_2 nach dem Arbeitsversuch in der Maske nicht mehr nachweisbar.

Bei einem Jugendlichen waren sofort nach Arbeit in der Gasmaske tiefe S-T-Senkungen mit Steilstellung des Zwischenstückes in den Ableitungen II und III festzustellen; wir interpretierten diese Veränderungen jedoch nicht als Zeichen einer koronaren Durchblutungsstörung, sondern im Zusammenhang mit den klinischen Feststellungen als Ausdruck vegetativer Stigmatisation. Infolge des erhöhten Pulsanstieges durch die Arbeit in der Gasmaske vertiefte sich die S-Zacke und ging dann steil in das entsprechende hohe T über.

7. *Nachschwankung.*

Im *Ruhe-Ekg.* mit Maskenatmung waren in allen Ableitungen nur sehr geringfügige Schwankungen in der Höhe der T-Zacke feststellbar (bis ungefähr 0,5 mm, bzw. 0,05 Millivolt);

den einzigen Fall von stärkerer Abflachung der T-Zacken (Fall L. H.) werden wir weiter unten noch ausführlicher beschreiben. Eine kleine Erhöhung der T-Zacken sahen wir bei 5 Vp. in allen und bei 11 weiteren Vp. nur in einzelnen Ableitungen; in 8 Fällen war in allen, in 17 nur in einzelnen Ableitungen eine minimale Abflachung der T-Zacke festzustellen. Bei 2 Vp. wurde ein negatives T_3 bei Maskenatmung flach positiv und bei einer weiteren Vp. ein vorher positives T_3 unter der Maske diphasisch.

Im *Belastungs-Ekg.* mit Maskenatmung waren mehrfach T-Zacken-Veränderungen in allen Ableitungen anzutreffen; eine entscheidende Aenderung im Charakter der T-Zacke jedoch, z. B. in der Form einer negativen T-Zacke, sahen wir nie. Der Charakter der aufgetretenen T-Veränderungen ist vielmehr so zu verstehen, daß in einigen Fällen, wo die T-Zacken schon im Belastungs-Ekg. ohne Maskenatmung Größenunterschiede gegenüber dem Ruhe-Ekg. aufgewiesen hatten, sich diese Unterschiede im Belastungs-Ekg. mit Maskenatmung in noch ausgeprägterer, bzw. abgeschwächter Form zu zeigen pflegten.

Im Anschluß an die Besprechung der S-T- und T-Veränderungen geben wir nachstehend die Krankengeschichte und den charakteristischen Ekg.-Befund eines Mitgliedes der passiven Luftschutztruppe der Stadt Bern kurz wieder.

Der 1886 geborene Wegknecht *L. Hans* war seinerzeit wegen Schwachsichtigkeit nicht diensttauglich erklärt worden. Abgesehen von einer trockenen Brustfellentzündung im Jahre 1916 und einer Bruchoperation 1936, kann er sich an keine Krankheiten erinnern. Nie Herzbeschwerden.

L. stellte sich nach einer der ersten Gasmaskenübungen wegen Atemnot und substernalem Druckgefühl auf der Brust zur Untersuchung; die Uebung hatte in einem viertelstündigen Marsch mit abschließendem kurzem Lauf bestanden. Die klinische Untersuchung ergab nichts Besonderes. Keine Zyanose. Keine auffällige Dyspnoe. Blutdruck normal.

Im *Ruhe-Ekg.* mit Maskenatmung sind die T-Zacken in allen Ableitungen niedriger als im gewöhnlichen Ruhe-Ekg., in Abl. II um 1 mm (0,1 Millivolt). Keine S-T-Senkung. Mit Ausnahme eines kleinen Frequenzunterschieds sind keine weiteren Veränderungen im Masken-Ekg. festzustellen.

Im *Belastungs-Ekg.* mit Maskenatmung sind *sofort nach Arbeit* die S-T-Strecken in Abl. II um ungefähr 0,1 Millivolt, in Abl. III um 0,05 Millivolt gesenkt, während sie im entsprechenden Ekg. ohne Maskenatmung isoelektrisch verlaufen. Auch die P-Q-Strecken weisen sofort nach Arbeit in der Gasmaske einen leicht negativen Verlauf auf. *10 Minuten nach Arbeit* sind keine auffälligen Verschiedenheiten der Kurven mit und ohne Maskenatmung mehr vorhanden.

h) Zusammenfassung der Befunde.

Allgemeine Beobachtungen. Das Aufsetzen der Gasmaske führt zu vermehrter Atemtätigkeit, die sich vor allem in einer Vertiefung der Inspiration äußert; die Atmung wird hiebei meist etwas verlangsamt. Der gleiche Arbeitsversuch nimmt bei aufgesetzter Gasmaske mehr Zeit in Anspruch als ohne Gasmaske, und die gleiche Belastung führt in der Gasmaske zu bedeutend ausgeprägterer Dyspnoe als ohne Maske; zu einem Versagen der Versuchspersonen wegen übermäßiger Dyspnoe kam es jedoch während der Belastungsversuche nie. Nach Treppensteigen mit der Gasmaske stellten sich in der Regel bei den Versuchspersonen in verstärktem Maße Schweißausbrüche ein. Pulsirregulationen sind, mit Ausnahme der Vagusarrhythmie, selten vorgekommen, doch wurden im Arbeitsversuch sowohl das Neuauftreten von Extrasystolen als auch das Verschwinden einer vorher bestandenen Extrasystolie beobachtet.

Pulsfrequenz. In der Ruhe bewirkt die Maskenatmung bei der Mehrzahl der Versuchspersonen eine Beschleunigung der Pulsfrequenz, im Durchschnitt um 3 bis 4 Schläge pro Minute. Sofort nach Belastung in der Maske ist dagegen eine Verminderung der Arbeitstachykardie um durchschnittlich 4 Schläge pro Minute zu verzeichnen, 10 Minuten nach Arbeit jedoch eine Erhöhung um 1 bis 2 Schläge pro Minute (Tab. 1 und 2).

Es ist nicht außer acht zu lassen, daß es sich bei den oben angegebenen Zahlen um den Durchschnittswert, bezogen auf die Gesamtheit der Versuchspersonen, handelt. Aus den Tab. 1 und 2 geht jedoch deutlich hervor, daß sich die Versuchspersonen bei jedem Versuch in zwei Gruppen teilen: die eine reagierte auf die Maskenatmung mit einer Erhöhung, die andere mit einer Senkung der Pulsfrequenz; für die einzelne Gruppe würde sich der Durchschnitt der Erhöhung, bzw. der Senkung der Pulszahl bedeutend höher stellen.

Blutdruck. Auch bei den Untersuchungen über den Blutdruck reagieren einzelne Versuchspersonen beim gleichen Versuch mit einem Druckanstieg, die anderen mit einem Druckabfall. Die Tabellen 3 und 4 enthalten hierüber die genauen Einzelheiten. Bei Maskenatmung in der Ruhe steigen sowohl systolischer wie diastolischer Blutdruck durchschnittlich um einige Millimeter Hg (5 und 2 mm Hg); im Arbeitsversuch mit der Gasmaske zeigen die beiden Blutdruckwerte ein gleiches Verhalten,

bei entsprechend größerem Druckanstieg (1 Minute nach Arbeit: 9 und 2—3 mm Hg, 6 Minuten nach Arbeit: 5 und 1—2 mm Hg). Die Rückkehr zum Ausgangswert erfolgt bei den Arbeitsversuchen mit und ohne Gasmaske zu gleicher Zeit.

Elektrokardiogramm. Die Gasmaskenatmung läßt das Ruhe-Ekg. in den meisten Fällen unbeeinflußt; geringfügige Veränderungen kamen in allen Kurvenabschnitten vor (Verlängerung und Verkürzung von P-Q, Verbreiterung von Q-R-S, Schwankungen in der Zackengröße von P, Q-R-S und T, Lageveränderungen von Stufen in der Initialschwankung, Wechsel in der Intensität von Aufsplitterungen von Q-R-S usw.). Veränderungen von derselben Art, wie sie im Ruhe-Ekg. aufgetreten waren, zeigten sich bei den gleichen Versuchspersonen immer auch in den Belastungs-Ekg. mit Maskenatmung, hier allerdings meist in verstärktem Maße. Im allgemeinen aber waren diese Veränderungen nie von entscheidender Art oder von außergewöhnlichem Ausmaße, so daß sich diese Kurven (mit einer Ausnahme) von den entsprechenden Belastungs-Ekg. ohne Maskenatmung nur wenig unterschieden.

Die Kurven, welche anläßlich der Kreislaufprüfung nach *Schellong* mit schnellem Papiertransport aufgenommen wurden, dienten ausschließlich zur Bemessung des Q-R-S-Komplexes und haben ergeben, daß die Verkürzungen und Verlängerungen der Anfangsschwankung, wie sie im Ekg. durch Maskenatmung entstehen, nach dieser genauen Ausmessung tatsächlich ungefähr zehnmal kleiner sind als nach den Messungen im Ekg. mit gewöhnlichem Papiertransport. Auch bei diesen Versuchen nach *Schellong* sind überzeugende Veränderungen des Q-R-S-Komplexes nicht in Erscheinung getreten.

Beachtung verdient noch der Umstand, daß, wie aus Tab. 9 hervorgeht, mehrfach im gleichen Versuch sowohl Verkürzungen wie Verlängerungen der Anfangsschwankung vorzukommen pflegten.

i) Diskussion der Ergebnisse und Schlußfolgerungen.

Im Vergleich zur normalen Atmung bedeutet das Atmen durch die Gasmaske in zweifacher Hinsicht eine Belastung: erstens wird der Einatmungsluft durch den Maskenfilter ein bestimmter Widerstand entgegengesetzt, zweitens wird der prozen-

tuale Sauerstoffgehalt der Einatmungsluft durch Vermischung mit der in der Maske zurückgebliebenen Ausatmungsluft vermindert [3]. Die Versorgung des Körpers mit der notwendigen Sauerstoffmenge stellt somit bei Maskenatmung größere Anforderungen an die Atmungsmuskulatur, weil einerseits ein gewisser Widerstand zu überwinden ist und anderseits wegen des geringen Sauerstoffgehaltes der Einatmungsluft pro Zeiteinheit eine größere Luftmenge eingeatmet werden muß. Das Verhalten des Kreislaufs spricht denn auch dafür, daß Maskenatmung gegenüber der gewöhnlichen Atmung eine körperliche Mehrarbeit erfordert: leichte Zunahme der Pulsfrequenz, Erhöhung des systolischen und des diastolischen Blutdruckes und Veränderungen im Ekg., wie man sie nach leichter Arbeitsleistung zu sehen gewohnt ist.

Die Gasmaskenatmung hat so lange, als der Sauerstoffbedarf die maximale Anpassungsbreite der Atmung in der Maske nicht überschreitet, nur die Bedeutung einer Mehrbelastung der Atmungsmuskulatur *(Rohrer)*. Da das minimale Minutenvolumen in der Maske zwar größer, das maximale Minutenvolumen jedoch viel kleiner ist als bei Atmung ohne Maske, so ist zu erwarten, daß in der Gasmaske schon bei kleinerer Arbeitsleistung der Punkt erreicht ist, wo der Sauerstoffverbrauch des Körpers die durch die Atmung mögliche Zufuhr überschreitet; die Leistungsfähigkeit des Menschen muß demnach bei Benützung der Gasmaske schneller als sonst die Grenze des Möglichen erreichen.

Dieser Tatsache widersprechen nur scheinbar die Befunde von *Thiel, Ruhnau* und *Gerlach,* welche in ihren Untersuchungen eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Individuums unter der Gasmaske feststellten, indem sich diese Resultate ausdrücklich auf die «Leistung mittlerer körperlicher Arbeit bei Benutzung ungebrauchter Atemeinsätze» beschränkten. Daß man bei disziplinierter Atmung, bei einer bewußten, d. h. anerzogenen Atmungsführung unter der Gasmaske (langsame und tiefe Ventilation), wie sie u. a. *Plügge* und *Büttner* empfehlen, die Zirkulationsverhältnisse sogar verbessern und damit die Leistungsfähigkeit bis zu einem gewissen Grade steigern kann, ist nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen; doch wird sich eine solche Wirkung der Stenoseatmung u. E. nur bei mäßiger Arbeitslei-

[3] Nach *R. Schoen* beträgt der schädliche Raum 140 ccm, für moderne Gasmasken 250 ccm.

stung und vor allem nur bei völlig Kreislaufgesunden auswirken können.

Eine spezifische Kreislaufwirkung als Folge der Gasmaskenatmung haben wir bei unseren Untersuchungen nicht feststellen können. Im allgemeinen reagierten sowohl Atem- und Pulsfrequenz wie Blutdruckwerte und Ekg. in allen Versuchen auf die Gasmaskenatmung stets in ähnlicher Weise wie auf eine Arbeitsleistung, bzw. auf eine erhöhte Arbeitsleistung. So war es uns im besonderen nie möglich, bei unseren Arbeitsversuchen in der Gasmaske Veränderungen des Ekg. zu beobachten, die unzweideutig auf Anoxämie, bzw. Koronarinsuffizienz verdächtig gewesen wären, mit Ausnahme des oben beschriebenen Falles L. Hans. Der Fall ist, im Gegensatz zu den von uns und anderen Autoren früher erwähnten Fällen, objektiv auf die Wirkung der Maskenatmung geprüft worden, wobei als objektives Korrelat zu den geäußerten Beschwerden auch Ekg.-Erscheinungen, wie die pathologische S-T-Senkung im Belastungs-Ekg. und die Abflachung der T-Zacke im Ruhe-Ekg., aufgetreten sind.

Irgendwelche Veränderungen des Ekg., die als typische Wirkung der Gasmaskenatmung imponiert hätten, sahen wir im Laufe unserer Untersuchungen ebenfalls nicht; wie oben schon angedeutet, waren die festgestellten Veränderungen meist von der Art, wie sie als Folge von körperlicher Arbeit längst bekannt sind.

So haben wir z. B. eine sofort nach Arbeit auftretende Verkleinerung der Ausschläge von Q-R-S auf ¼ bis ⅛ der normalen Zackengröße, wie sie *Plügge* und *Büttner* als «Standardreaktion» angeben, nie feststellen können. Wir haben zwar diese kleinen Ausschläge vor Aufnahme des Belastungs-Ekg. öfters beobachtet, wenn wir den Lichtpunkt auf der Mattscheibe des Ekg.-Apparates verfolgten; da wir diese Erscheinung aber nicht nur nach Arbeit, sondern jedesmal nach zu schnellem Einstellen auf die zu wählende Eichstufe auftreten sahen, so deuteten wir sie als Zeichen der noch nicht endgültig erreichten Einstellung des Apparates. Nach unserer Auffassung könnte es sich deshalb bei der Beobachtung von *Plügge* und *Büttner* sehr wohl um eine Täuschung handeln, um so mehr, als die Autoren selber die Erscheinung bei Fehlen einer gleichzeitigen Koronarwelle nicht unbedingt als Beweis einer Schädigung interpretieren.

Als weitere Standardreaktion erwähnen *Plügge* und *Büttner* eine deutlich erkennbare Verkürzung des Q-R-S-Komplexes; hier ergeben unsere Versuche eher ein gegenteiliges Resultat, indem wir nach Belastung viel häufiger eine geringe Verbreiterung des Komplexes (um 0,01 bis 0,02 Sek.) als eine Verkürzung gefunden haben. *Zettel* und *Fink* beobachteten in ⅔ der Fälle keine Veränderung von Q-R-S, viermal eine Verlängerung und nur dreimal eine Verkürzung.

Die ungewöhnlich starke Verlängerung von P-Q, wie sie *Plügge* und *Büttner* nach besonders schwerer Belastung sahen (bis 0,22 Sek.), haben wir ebenfalls nie festgestellt; die in 17 von 47 Fällen von uns beobachtete Verlängerung der Ueberleitungszeit betrug maximal 0,02 Sek. Die betreffenden Kurven sind zwar nicht, wie bei *Plügge* und *Büttner*, mit der Schnellaufkassette aufgenommen worden; doch hätte eine so massive Veränderung auch beim Ekg. mit gewöhnlichem Filmtransport in Erscheinung treten müssen. Interessant erscheint die Tatsache, daß *Zettel* und *Fink* nach der Belastung fast immer eine geringe Verkürzung von P-Q gefunden haben; doch ist hier zu sagen, daß sich diese Verkürzung durch Vergleich mit dem Wert von P-Q in der Ruhe ergibt, und nicht durch den Vergleich mit dem Wert des entsprechenden Belastungsversuches ohne Gasmaske. Die Verkürzung ist also frequenzgebunden und kann deshalb nicht als eine durch Gasmaskenatmung bedingte Veränderung angesehen werden. In ihren Untersuchungen haben diese Autoren leider unterlassen, an der gleichen Person neben dem Belastungsversuch mit der Gasmaske auch den entsprechenden Versuch ohne Maske durchzuführen (in «wichtigen Fällen» soll dies zwar geschehen sein, doch hören wir später über deren Resultate nichts mehr); alle angegebenen Ekg.-Veränderungen beziehen sich somit auf die Ruhewerte in der Gasmaske, was einen Vergleich mit unseren Resultaten, die auf den gleichartigen Versuchen mit und ohne Gasmaske aufgebaut sind, beträchtlich erschwert, wenn nicht verunmöglicht.

Den hohen Abgang von S-T, wie ihn *Plügge* und *Büttner* bei jugendlichen Hypertonikern beobachten konnten, haben wir bei unseren Untersuchungen ebenfalls nie angetroffen; die vereinzelten Veränderungen des S-T-Segmentes waren durchwegs geringfügiger Natur (Senkung von S-T, Hebung von minimalen Senkungen auf die isoelektrische Linie). Aehnliche Verhältnisse

konstatierten *Zettel* und *Fink,* die außer dem tiefen Abgang der S-T-Strecke keine Veränderungen dieses Kurvenabschnittes fanden.

Die Nachschwankung erscheint nach den Beobachtungen von *Plügge* und *Büttner* unter Maskenatmung fast immer höher und spitzer, nach *Zettel* und *Fink* in Abl. I meist abgeflacht, in Abl. II und III dagegen erhöht. Unsere Versuche ergaben mehrfach geringe Veränderungen in Form und Höhe der T-Zacke, die aber nie entscheidenden Charakter annahmen.

Auch die Ekg. mit schnellem Papiertransport, die wir im Laufe der *Schellong*schen Regulationsprüfung aufgenommen haben, ergaben recht wenig Anhaltspunkte für das Auftreten pathologischer Veränderungen, die als Folge der Gasmaskenatmung anzusprechen wären; die einzigen wirklich als pathologisch zu bezeichnenden Verlängerungen der Q-R-S-Strecke wurden im Gegenteil in drei verschiedenen Arbeitsversuchen ohne Gasmaske festgestellt.

Daß wir im übrigen in unseren Ekg.-Versuchen nicht mehr Veränderungen gefunden haben, mag zu einem Teil daran liegen, daß das Ersteigen von zweimal 48 Treppenstufen für Gesunde keine genügende Belastung darstellte; zum andern Teil ist es dem Umstand zuzuschreiben, daß sich unser Versuchsmaterial meist aus jüngeren Leuten und nur vereinzelt aus älteren Rekonvaleszenten im Sklerose- oder Präsklerosealter zusammensetzte. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß wir in den Ekg. keine Zeichen von akuter Koronarinsuffizienz angetroffen haben.

Unsere Versuche lassen also den Schluß zu, daß die Gasmaskenatmung vom Gesunden gut vertragen wird; doch muß angesichts der beschriebenen Veränderungen von Pulsfrequenz und Blutdruck sowie des Ekg. die Folgerung abgelehnt werden, daß eine schädigende Wirkung der Gasmaskenatmung überhaupt auszuschließen sei. Wenn nach *Lucke* allein schon das Tragen der Gasmaske und die damit zusammenhängenden Angstgefühle genügen, um bei Koronarkranken oder Kreislaufbedrohten Schädigungen und Bedrohungen zu erzeugen, so sind Leute mit dekompensiertem Kreislauf oder mit nahe der Dekompensation befindlichem Kreislauf oder mit insuffizienter Atmung (z. B. bei stenosierender Struma, Struma retrosternalis, Pulmonalsklerose usw.) erst recht gefährdet, sobald sie sich in der Gasmaske einer Belastung aussetzen; dies ist besonders der Fall bei Leuten, die

in ihrem Beruf und im täglichen Leben sonst nie größere körperliche Anstrengungen zu bewältigen haben. Unter solchen Umständen ist es dann leicht möglich, daß bisher latent gebliebene Schäden, z. B. Koronarerkrankungen, plötzlich manifest werden; ob hiefür die ungenügende Sauerstoffversorgung oder die Druckverhältnisse in der Lunge verantwortlich gemacht werden müssen, kann nicht entschieden werden. Wir sind eher der Auffassung, daß beide Faktoren, getrennt oder kombiniert, eine Rolle spielen.

Auf alle Fälle mahnen die in der Einleitung geschilderten Krankengeschichten des Spinnermeisters B. Balz und des R. Johann sowie des später genannten L. Hans (Kreislaufstörungen und Angina pectoris) zur Vorsicht. Jeder Luftschutzpflichtige sollte, bevor er dem passiven Luftschutz zugeteilt wird, einer eingehenden Untersuchung mit Blutdruckmessung, evtl. sogar mit Einschluß des Arbeitsversuches in der Gasmaske, unterworfen werden. Es wird zwar kaum möglich sein, bei einer derartigen Prüfung alle nicht manifest Erkrankten zu erfassen und vor drohendem Schaden zu bewahren; immerhin sollte durch diese Maßnahme den Gefahren der Gasmaskenatmung weitgehend vorgebeugt werden können.

Zusammenfassung.

An 50 Personen beiderlei Geschlechts im Alter von 16 bis 55 Jahren wurden Untersuchungen über den Einfluß der Gasmaskenatmung auf den Kreislauf, im besonderen auf den Ablauf der Herzstromkurve, durchgeführt. Die Versuche bestanden zur Hauptsache in der Aufnahme von Elektrokardiogrammen in der Ruhe und nach dosierter Arbeit sowie in einer nach der Methode von *Schellong* vorgenommenen Prüfung der Regulation des Kreislaufs, die neben einer systematischen Kontrolle von Pulsfrequenz und Blutdruck auch eine genaue Ausmessung und Bewertung des Q-R-S-Komplexes im Elektrokardiogramm umfaßte. Alle Versuche wurden in gleicher Weise vorerst ohne und hierauf mit aufgesetzter Gasmaske ausgeführt; die festgehaltenen Resultate bilden somit die Veränderungen, die sich durch die Gasmaskenatmung ergeben haben.

Das Aufsetzen der Gasmaske führte schon in der Ruhe zu vertiefter, aber eher verlangsamter Atmung; nach dem Arbeits-

versuch war in allen Fällen eine gesteigerte Dyspnoe und in der Regel auch ein bedeutend verstärkter Schweißausbruch festzustellen. Der Puls wurde in der Ruhe durch die Maskenatmung meist etwas beschleunigt, im Arbeitsversuch dagegen eher verlangsamt; systolischer und diastolischer Blutdruck erfuhren in gleicher Weise sowohl in der Ruhe als auch im Arbeitsversuch einen durchschnittlich um einige Millimeter vermehrten Druckanstieg.

Im Elektrokardiogramm traten unter Maskenatmung geringfügige Veränderungen in allen Kurvenabschnitten auf, doch waren sie nie von entscheidender Art oder von außergewöhnlichem Ausmaß (mit Ausnahme eines Falles, bei dem deutliche Veränderungen im Sinne einer Abflachung der T-Zacke und Senkung der S-T-Strecke auftraten) und unterschieden sich grundsätzlich nur wenig von den bekannten, durch Arbeitsleistung entstehenden Veränderungen des Elektrokardiogramms.

Eine spezifische Kreislaufwirkung als Folge der Gasmaskenatmung hat sich also nicht feststellen lassen; im besonderen war es, bis auf die erwähnte Ausnahme, nicht möglich, im Elektrokardiogramm Veränderungen nachzuweisen, die unzweideutig auf eine Anoxämie, bzw. Koronarinsuffizienz hätten schließen lassen. Dieses Ergebnis wird z. T. auf den Umstand zurückgeführt, daß sich das Versuchsmaterial meist aus jüngeren und gesunden Personen zusammensetzte, für welche der gewählte Arbeitsversuch (Ersteigen von 2×48 Treppenstufen) keine allzugroße Belastung darstellte.

Aus den Untersuchungsergebnissen wird der Schluß gezogen, daß die Gasmaskenatmung vom Gesunden zwar gut vertragen wird, für den Kreislaufkranken und Kreislaufbedrohten dagegen eine Schädigung als wahrscheinlich angenommen werden muß.

Es wird die Forderung gestellt, daß alle Luftschutzpflichtigen einer eingehenden Untersuchung mit Einschluß der Blutdruckmessung, wenn möglich auch mit einem Arbeitsversuch in der Gasmaske, zu unterwerfen seien.

Summary.

The influence of the gasmaske on the circulation especially on the ecg. was tried in 50 persons. Changes were found in respiration pulsrate, blood pressure and ecg. They were fairly the same as after mild exercise.

Conclusions were drawn, that the gasmaske-breathing is well endured by normals, but in cardiacs some damage must be assumed.

Résumé.

Recherche sur l'influence du masque à gaz sur la circulation, et spécialement sur l'électrocardiogramme, chez 50 sujets. On a pu constater des modifications de la respiration, de la fréquence du pouls, de la pression artérielle et de l'électrocardiogramme. Ces modifications, à de rares exceptions près, ne diffèrent que de peu de celles qui résultent des épreuves d'effort.

Pour conclure, la respiration avec le masque à gaz est bien tolérée chez les sujets sains. En revanche, chez les cardiaques elle provoque vraisemblablement des troubles pathologiques.

Riassunto.

In 50 individui vennero studiate le modificazioni del circolo, e specialmente dell'elettrocardiogramma, in seguito all'uso della maschera antigas. Si trovarono alterazioni del respiro, della frequenza del polso, della pressione arteriosa e dell'elettrocardiogramma, le quali, tranne scarse eccezioni, poco differiscono dalle già note alterazioni che si istituiscono dopo affaticamento. Dai risultati delle ricerche sorge la conclusione che la respirazione mediante maschera antigas è dai sani sopportata bene ; al contrario su gli ammalati di circolo e su i labili dell'apparato cardiovascolare è da ammettere come verosimile un effeto nocivo.

Literatur.

Lucke, H., Dtsch. med. Wschr. 1937, 1797. — *Plügge, H.*, und *Büttner, H. E.*, Dtsch. med. Wschr. 1937, 464. — *Rohrer, F.*, Schw. med. Wschr. 1921, 943. — *Schoen, R.*, Lehrbuch der spez. pathol. Physiologie, G. Fischer, Jena 1940. — *Thiel, K., Ruhnau, A.*, und *Gerlach, K.*, Ztschr. f. d. ges. exp. Medizin 1935, 97, 1. — *Zettel, H.*, und *Fink, A.*, Klin. Wschr. 1939, 458.